

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri, dengan bimbingan dosen pembimbing. Skripsi ini tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di perguruan tinggi manapun dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang dengan jelas ditunjukkan rujukannya dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, Mei 2018

Maulida Silvia Tara



LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Skripsi : **Keanekaragaman Kumbang Kotoran (Coleoptera: Scarabaeidae Pada Berbagai Tipe Penggunaan Lahan di Hutan Pendidikan "UB Forest" Malang**

Nama : **Maulida Silvia Tara**

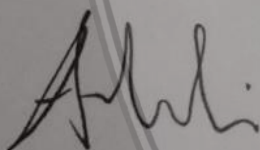
NIM : **145040200111088**

Program Studi : **Agroekoteknologi**

Minat : **Hama dan Penyakit Tumbuhan**

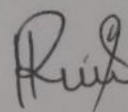
Menyetujui : **Dosen Pembimbing**

Pembimbing Utama,



Dr. Akhmad Rizali, SP, M.Si.
NIK . 2014057704151001

Pembimbing Pendamping,



Rina Rachmawati, SP.,MP., M.Eng.
NIP . 198101252006042002

Mengetahui
Ketua Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan



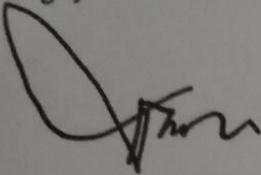
Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS.
NIP. 195510181986012001

Tanggal Persetujuan:

LEMBAR PENGESAHAN

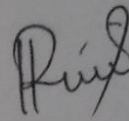
Mengesahkan
MAJELIS PENGUJI

Penguji I



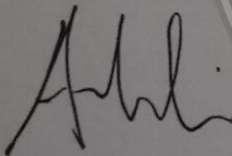
Dr. Ir. Toto Himawan, SU
NIP. 19551119 198303 1 002

Penguji II



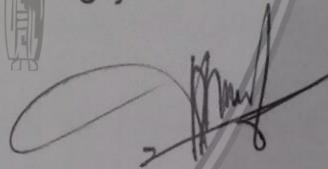
Rina Rachmawati, SP., MP., M. Eng
NIP. 10810125 200604 2 002

Penguji III



Dr. Akhmad Rizali, SP., M. Si
NIK. 201405 770415 11 001


Penguji IV



Dr. Ir Mintarto Martosudiro, MS
NIP. 19590705 198601 1 003

Tanggal Lulus: 29 JUN 2018

*JADILAH MANUSIA YANG PINTAR MERASA,
BUKAN MERASA PINTAR.*



*Skripsi ini kupersembahkan
Untuk yang tersayang Alm. Ayah, Mama, dan Kakak
Doa dan semangat dari mereka lah yang tidak pernah putus,
Seperti rasa sayang saya yang tidak pernah habis untuk mereka.
Semoga selalu dalam lindungan Allah SWT.*

RINGKASAN

MAULIDA SILVIA TARA. 145040200111088. Keanekaragaman Kumbang Kotoran (Coleoptera: Scarabaeidae) pada Berbagai Tipe Penggunaan Lahan di Hutan Pendidikan “UB Forest”. Dibawah bimbingan Dr. Akhmad Rizali, SP., M.Si. selaku dosen pembimbing utama dan Rina Rachmawati, SP., MP., M.Eng. Selaku dosen pembimbing pendamping

Saat ini pertumbuhan penduduk sejalan dengan meningkatnya taraf hidup yang ingin dicapai. Semakin bertambahnya jumlah penduduk, meningkat pula keperluan akan lahan untuk menopang pertumbuhan pembangunan yang menjadikan hutan beralih fungsi. Penggunaan lahan yang dilakukan oleh manusia merupakan penyebab utama perubahan ekologis suatu ekosistem. Perubahan dan intensitas penggunaan lahan berperan besar terhadap kerusakan habitat dan penurunan keanekaragaman hayati. Suatu organisme akan berkembang secara optimal apabila pada kondisi yang ideal. Serangga merupakan fauna yang dapat dijadikan sebagai bioindikator dalam pengelolaan ekosistem. Salah satu serangga yang dapat menjadi bioindikator suatu ekosistem adalah kumbang kotoran. Penelitian mengenai keanekaragaman kumbang kotoran belum pernah dilakukan di *UB Forest*, terutama kaitannya dengan pengaruh tipe penggunaan lahan yang terdapat di *UB Forest*. Oleh karena itu dilakukan penelitian dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh tipe penggunaan lahan terhadap keanekaragaman dan perbedaan komposisi kumbang kotoran di *UB Forest*. Informasi tersebut diharapkan menjadi bahan tinjauan keberhasilan serta keberlanjutan lahan di *UB Forest*.

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan November 2017 sampai dengan Maret 2018 di kawasan *UB Forest*, yaitu Dusun Sumber Sari dan Buntoro, Kecamatan Karangploso, Kabupaten Malang. Metode yang digunakan adalah metode perangkap jebak dengan umpan, umpan yang digunakan yaitu kotoran sapi yang masih segar. Penentuan plot dilakukan dengan survey lahan terlebih dahulu. Luas setiap plot yang telah ditentukan yaitu 20 m x 20 m. Pada setiap plot akan dibagi menjadi 4 sub plot yang berukuran 5 m x 5 m, dalam 1 sub plot dibagi menjadi 4 unit pengamatan sampel. Kumbang kotoran yang ditemukan dimasukkan ke dalam botol spesimen yang berisi alkohol 70%, selanjutnya kumbang kotoran disortir dan diidentifikasi.

Hasil penelitian ditemukan kumbang kotoran sebanyak 721 individu dan 10 spesies yang termasuk ke dalam genus *Aphengium*, *Aphodius*, *Copris*, *Onthophagus*, dan *Rhyssalus*. Pada kawasan lindung terdapat 6 spesies, mahoni tumpang sari dengan kopi terdapat 7 spesies, mahoni tumpang sari dengan talas terdapat 7 spesies, pinus tumpang sari dengan kopi terdapat 8 spesies, dan pinus tumpang sari dengan sayuran terdapat 8 spesies. Kelimpahan individu kumbang kotoran tertinggi terdapat pada pinus tumpang sari dengan kopi, sedangkan kelimpahan individu terendah terdapat pada pinus tumpang sari dengan sayuran. Tipe penggunaan lahan tidak berpengaruh terhadap kekayaan spesies kumbang kotoran, namun berpengaruh terhadap kelimpahan individu kumbang kotoran. Hasil kemiripan komposisi pada tipe penggunaan lahan mahoni tumpang sari dengan kopi dan mahoni tumpang sari dengan talas memiliki kesamaan komposisi yang tinggi yaitu 0,901 (90,1%), sedangkan nilai kesamaan terendah ditemukan pada tipe penggunaan lahan mahoni tumpang sari dengan kopi dan pinus tumpang sari dengan kopi (31,5%).

SUMMARY

MAULIDA SILVIA TARA. 145040200111088. Diversity of Dung Beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) on Different Types of Land Use in "UB Forest" Education Forest. Supervised by Dr. Akhmad Rizali, SP., M.Si. as main-supervisor and Rina Rachmawati, SP., MP., M.Eng. as co-supervisor

The current population growth is in line with the rising standard of living to be achieved. The increasing number of people, also increased the need for land to sustain growth that makes the forest switch functions. Land use by humans is a major cause of ecological changes in ecosystems. Changes and intensity of land use play a major role in habitat destruction and biodiversity degradation. An organism will develop optimally if under ideal conditions. Insects are fauna that can be used as bioindicator in ecosystem management. One of the insects that can be a bioindicator of an ecosystem is a dung beetle. Research on the diversity of dung beetles has not been done in UB Forest, especially in relation to the influence of land use types contained in UB Forest. Therefore, a study was conducted to identify the effect of land use type on the diversity and different composition of dung beetle in UB Forest. The information is expected to be a material review of the success and sustainability of the land in UB Forest.

This research was conducted from November 2017 until March 2018 in UB Forest, that is Karangploso Subdistrict, Malang Regency. The method used trap method with bait, bait used cow dung is still fresh. Determination of plot is done by land survey first. The width of each plot 20 m x 20 m. In each plot would be divided into 4 sub plots measuring 5 m x 5 m, in 1 sub plot is divided into 4 sample observation units. The dung beetle were found inserted into a specimen bottle containing 70% alcohol, then the dung beetle were sorted and identified.

The results of the study found 722 dung beetles and 10 species belonging to the genus *Aphengium*, *Aphodius*, *Copris*, *Onthophagus*, and *Rhyssalus*. In the protected area there are 6 species, mahogany intercropping with coffee there were 7 species, mahogany intercropping with taro there were 7 species, intercropping pine with coffee there were 8 species, and pine intercropping with vegetables there were 8 species. The highest abundance of individual dung beetles is found in intercropping pine with coffee, while the lowest individual abundance is found in intercropping pine with vegetables. The type of land use has no effect on the species richness of dung beetle species, but has an effect on the abundance of individual dung beetle. The result of similarity of composition on the type of mahogany land use intercropping with coffee and mahogany intercropping with taro has a high composition similarity that is 0.901 (90.1%), while the lowest similarity value is found on the type of intercropping mahogany land use with coffee and pine intercropping with coffee (31 , 5%).

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat yang telah diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Keanekaragaman Kumbang Kotoran (Coleoptera: Scarabaeidae) Pada Berbagai Tipe Penggunaan Lahan di UB Forest Malang”.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis banyak mengalami hambatan. Namun, berkat bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak terutama hambatan-hambatan tersebut dapat teratasi. Penulis ingin menyampaikan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Dr. Akhmad Rizali, SP., M.Si selaku dosen pembimbing utama.
2. Rina Rachmawati, SP.,MP., M.Eng. selaku dosen pembimbing pendamping.
3. Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS. selaku Ketua Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan.
4. Kedua orang tua saya, Alm. Bapak Sukartono dan Ibu Puji Rahayu. Kakak saya Nokma Aditya Nugroho yang tak pernah bosan memberikan doa dan dukungan baik secara moral dan finansial.
5. Alvino Yustarico Dwi Yan Syah, yang selalu memberikan semangat dan doanya.
6. Tim peneliti UB Forest (Yuli, Retha, dan Farida) yang saling berjuang dari awal penelitian hingga sekarang.
7. Sahabat saya Ayuk, Ika, Iko, Kipli yang selalu menghibur dan memberi bantuan dalam bentuk apapun.
8. Sahabat saya “Gondes” Lidia, Ayong, Ipeh, Saras, Dini, Elfa yang menjadi teman baik saya dari awal semester hingga sekarang.
9. Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya angkatan 2014, salam tani joyo.
10. Serta keluarga besar juga teman-teman yang tidak bisa disebut satu persatu yang berperan penting dalam membantu menyelesaikan tugas akhir.

Penulis menyadari bahwa terdapat banyak sekali kekurangan dalam penyusunan skripsi ini. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan penyusunan skripsi agar ke depannya

dapat menjadi lebih baik dan sempurna. Semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat.

Malang, Mei 2018

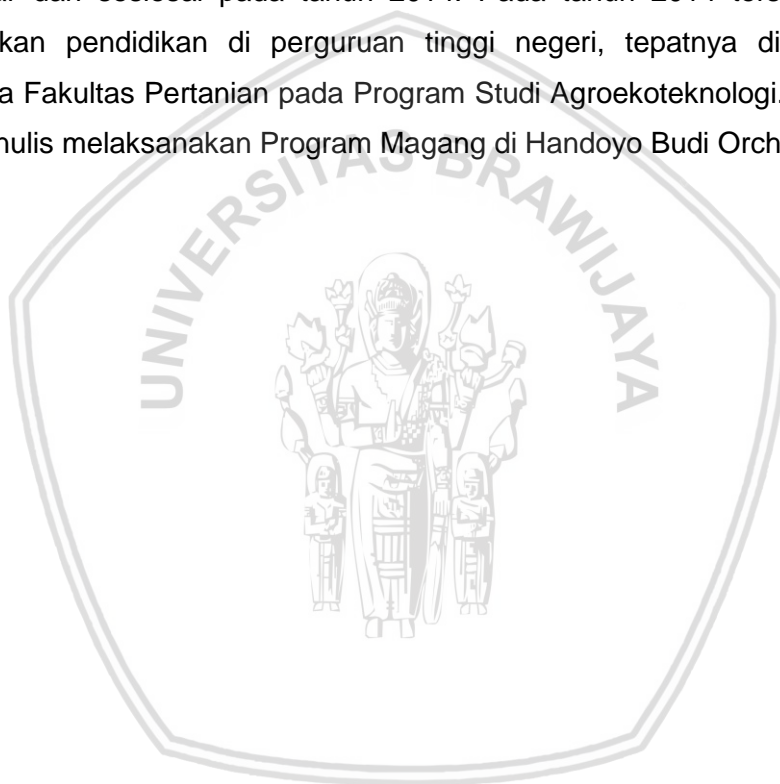
Hormat penulis



RIWAYAT HIDUP

Maulida Silvia Tara, Dilahirkan di Kabupaten Gresik tepatnya di Desa Randuagung, Kecamatan Kebomas pada tanggal 20 juli 1996. Anak bungsu dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Sukartono dan Ibu Pujia Rahayu.

Peneliti menyelesaikan pendidikan di Sekolah Dasar di SD Negeri 2 Randuagung di Kecamatan Kebomas Kabupaten Gresik pada tahun 2008. Pada tahun itu juga peneliti melanjutkan Pendidikan di SMP Negeri 3 Gresik dan tamat pada tahun 2011 kemudian melanjutkan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Manyar dan seslesai pada tahun 2014. Pada tahun 2014 tersebut peneliti melanjutkan pendidikan di perguruan tinggi negeri, tepatnya di Universitas Brawijaya Fakultas Pertanian pada Program Studi Agroekoteknologi. Pada tahun 2017 penulis melaksanakan Program Magang di Handoyo Budi Orchids Malang.



DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PERSEMBAHAN	iii
RINGKASAN	iv
SUMMARY	vi
KATA PENGANTAR	viii
RIWAYAT HIDUP	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Kumbang Kotoran (Coleoptera : Scarabaeidae)	4
2.1.1 Taksonomi dan Klasifikasi Kumbang Kotoran	4
2.1.2 Morfologi Kumbang Kotoran	5
2.1.3 Perilaku Kumbang Kotoran	7
2.1.4 Peran Kumbang Kotoran terhadap Ekosistem	7
2.2 Pengaruh Penggunaan Lahan terhadap Kumbang Kotoran	9
2.3 UB Forest dan Tipe Penggunaan Lahan di dalamnya	9
2.4 Hipotesis	11
3. METODE PENELITIAN	12
3.1 Waktu dan Tempat	12
3.2 Alat dan Bahan	12
3.3 Pelaksanaan Penelitian	12
3.3.1 Penentuan Lokasi dan Plot Pengamatan	12
3.3.2 Penentuan Unit Sampling	14
3.3.3 Persiapan Perangkap dengan Umpan	15
3.3.4 Sortir dan Identifikasi Kumbang Kotoran	16
3.3.5 Analisis Data	17
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	19

4.1 Keanekaragaman Kumbang Kotoran pada Berbagai Tipe Penggunaan Lahan di UB Forest.....	19
4.2 Perbedaan Komposisi Kumbang Kotoran pada Berbagai Tipe Penggunaan Lahan di UB Forest.....	25
5. KESIMPULAN DAN SARAN	28
5.1 Kesimpulan.....	28
5.2 Saran.....	28
DAFTAR PUSTAKA	29
LAMPIRAN.....	33



DAFTAR GAMBAR

No.	Teks	Halaman
1.	Kumbang Kotoran.....	5
2.	Bentuk Tungkal Depan, dan Belakang, Antena <i>Onthophagus</i> sp.....	6
3.	<i>Onthophagus</i> sp.	8
4.	Peta UB Forest	10
5.	Lokasi dan Persebaran Plot Pengambilan Sampel	13
6.	Sub Plot dan Unit Sampling	15
7.	Perangkap Dengan Umpan Kotoran Sapi	16
8.	Boxplot Kekayaan Spesies dan Kelimpahan Individu Kumbang Kotoran pada Tipe Penggunaan Lahan Berbeda	23
9.	NMDS dari Kumbang Kotoran pada Berbagai Tipe Penggunaan Lahan di UB Forest	26



Daftar Tabel

No.	Teks	Halaman
1.	Lokasi Pengamatan	12
2.	Keanekaragaman Kumbang Kotoran pada Berbagai Tipe Penggunaan Lahan di UB Forest.....	19
3.	Indeks Keanekaragaman Kumbang Kotoran pada Berbagai Tipe Penggunaan Lahan	21
4.	Hasil Analisis Korelasi Kumbang Kotoran terhadap Tipe Vegetasi dan Kanopi ..	22
5.	Kemiripan Komposisi Kumbang Kotoran pada Berbagai Tipe Penggunaan Lahan	



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini pertumbuhan penduduk sejalan dengan meningkatnya taraf hidup yang ingin dicapai. Semakin bertambahnya jumlah penduduk, meningkat pula keperluan akan lahan untuk menopang pertumbuhan pembangunan yang menjadikan hutan beralih fungsi. Alih fungsi lahan adalah perubahan fungsi sebagian atau seluruh kawasan lahan dari fungsinya semula menjadi fungsi lain yang menjadi dampak negatif terhadap lingkungan dan potensi lahan itu sendiri (Lestari 2009). Penggunaan lahan yang dilakukan oleh manusia merupakan penyebab utama perubahan ekologis suatu ekosistem. Pembangunan lahan menyebabkan berkurangnya luas dan kualitas hutan yang cukup signifikan. Luas hutan Indonesia, menurut data Badan Pusat Statistik (2017), mencapai 126.094.366 ha dengan laju deforestasi yang diperkirakan 450.000 ha/tahun. Perubahan dan intensitas penggunaan lahan berperan besar terhadap kerusakan habitat dan penurunan keanekaragaman hayati. Alih fungsi lahan yang terjadi di kawasan hutan memberikan dampak negatif seperti kepunahan spesies di dalamnya (Lestari, 2009). Oleh karena itu, diperlukan indikator yang menjadi parameter biotik maupun abiotik dari ekosistem tersebut.

Bioindikator merupakan salah satu komponen penting dalam pengelolaan ekosistem. Adanya suatu organisme indikatif adalah adanya hubungan yang erat antara suatu organisme dengan parameter biotik dan abiotik dari suatu ekosistem (McGeoch *et al*, 2002). Di dalam suatu ekosistem, serangga banyak berperan sebagai penyangga keanekaragaman yang berfungsi untuk mempertahankan keseimbangan ekosistem tersebut. Diantara taksa yang banyak digunakan sebagai bioindikator tersebut adalah famili Scarabaeidae, Cicindelidae, dan Carabidae (Castillo dan Wagner, 2002). Salah satu serangga dari ordo Coleoptera yang dapat menjadi bioindikator suatu ekosistem adalah kumbang kotoran yang termasuk dalam famili Scarabaeidae.

Kumbang kotoran merupakan salah satu spesies kumbang kotoran sejati, yang memiliki jumlah spesies terbesar. Kumbang Scarab merupakan salah satu taksa penting serangga yang menjadi indikator gangguan habitat di hutan hujan tropis (Davis *et al*. 2001). Keberadaan kumbang kotoran erat kaitannya dengan mamalia, karena ia sangat tergantung pada kotoran mamalia sebagai sumber pakan. Berdasarkan komposisi spesiesnya, kumbang kotoran menunjukkan

respons yang signifikan negatif pada perubahan penggunaan lahan hutan maupun fragmentasi hutan (Davis dan Sulton, 1998; Shahabuddin *et al.* 2005).

Penelitian tentang kumbang kotoran sebelumnya menunjukkan bahwa kekayaan spesies dan kelimpahan individu yang ditemukan pada habitat tergantung dengan tingkat gangguan di dalamnya (Moy, 2015). Perbedaan respon kumbang kotoran dapat dipengaruhi oleh karakteristik habitat pada tiap tipe gangguan habitat tersebut. Selain itu, jenis tutupan lahan yang membedakan antar tipe penggunaan lahan juga menjadi faktor keberadaan kumbang kotoran. Kondisi suhu dan kelembaban udara pada suatu lahan turut menentukan komposisi spesies kumbang kotoran (Mawarsih, 2011). Studi dari Shahabuddin (2003), menunjukkan adanya pengaruh tata guna lahan terhadap keanekaragaman kumbang kotoran pada pinggiran hutan yang terletak di dataran tinggi (diatas 100 mdpl). Hal ini semakin memperkuat bahwa kumbang kotoran merupakan serangga yang dapat dijadikan indikator keberlanjutan pada suatu lahan yang telah dialihfungsikan menjadi berbagai tipe penggunaan lahan.

Hutan Pendidikan *UB Forest* merupakan hutan produksi yang dikelola Universitas Brawijaya untuk kepentingan edukasi yang terletak di lereng Gunung Arjuno, Kecamatan Karangploso, Kabupaten Malang (Pusrenbang SDM, 2017). *UB Forest* menjadi salah satu contoh penggunaan lahan hutan yang telah dialih fungsikan menjadi berbagai tipe penggunaan lahan, seperti agroforestri. Perubahan penggunaan lahan ini menyebabkan terganggunya kehidupan di dalam ekosistem tersebut. Penelitian mengenai keanekaragaman kumbang kotoran belum pernah dilakukan di *UB Forest*, terutama kaitannya dengan pengaruh tipe penggunaan lahan yang terdapat di *UB Forest*. Hal ini menjadi dasar penelitian ini dilakukan.

1.2 Rumusan Masalah

Alih fungsi lahan hutan di *UB Forest* menjadi hutan produksi menyebabkan terganggunya habitat bagi serangga di dalamnya. Adanya perbedaan tipe penggunaan lahan menjadi salah satu faktor berkurangnya keseimbangan dalam ekosistem tersebut. Perlu adanya indikator untuk menentukan tingkat kesehatan ekosistem di *UB Forest*, salah satu serangga yang dapat dijadikan bioindikator adalah kumbang kotoran. Oleh karena itu, diperlukan studi mengenai keanekaragaman kumbang kotoran di *UB Forest*.

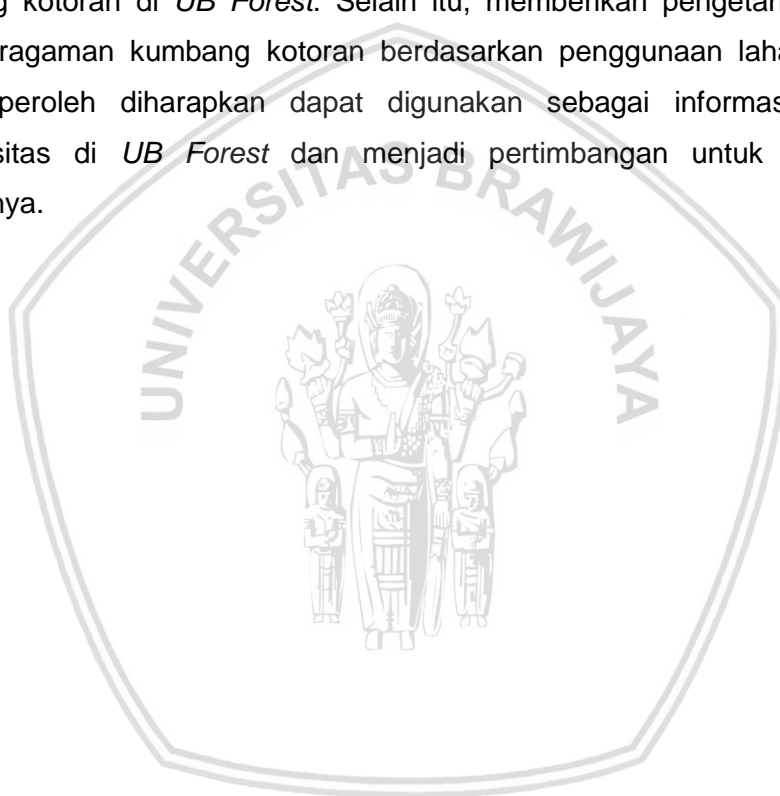
1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh tipe penggunaan lahan terhadap keanekaragaman jenis kumbang kotoran di *UB Forest*.
2. Mengetahui komposisi kumbang kotoran pada berbagai tipe penggunaan lahan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu memberikan informasi tentang jenis-jenis kumbang kotoran di *UB Forest*. Selain itu, memberikan pengetahuan tentang keanekaragaman kumbang kotoran berdasarkan penggunaan lahannya. Hasil yang diperoleh diharapkan dapat digunakan sebagai informasi mengenai biodiversitas di *UB Forest* dan menjadi pertimbangan untuk pengelolaan selanjutnya.



1. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kumbang Kotoran (Coleoptera: Scarabaeidae)

2.1.1 Taksonomi dan Klasifikasi Kumbang Kotoran

Kumbang kotoran termasuk pada kelompok jenis kumbang yang berasal dari kingdom Animalia, filum Arthropoda, kelas Insecta, Ordo Coleoptera, famili Scarabaeidae. Kumbang kotoran merupakan anggota kelompok Coleoptera dari suku Scarabaeidae atau biasa disebut sebagai scarab. Semua kumbang kotoran adalah scarab tetapi tidak semua scarab merupakan kumbang kotoran. Berbagai spesies kumbang yang sering ditemukan pada kotoran hewan, yang termasuk kumbang kotoran sejati adalah dari superfamili Scarabaeoidea yang diantaranya termasuk ke dalam famili Scarabaeidae, Aphodiidae dan Geotrupidae (Cambefort, 1991). Kumbang kotoran memanfaatkan kotoran dari beragam jenis satwa sebagai sumber makanan dan tempat untuk reproduksi (Kahono dan Setiadi, 2007).

Scarabaeidae (kumbang kotoran) merupakan famili serangga terbesar yang memiliki 2.600 spesies di dunia (Ek-Amnuay, 2008). Di Indonesia sendiri memiliki keanekaragaman kumbang kotoran sebanyak 1.500 spesies (Hanski dan Cambefort, 1991). Studi mengenai kumbang kotoran masih sedikit, diantaranya yang telah dilakukan oleh Hanski dan Krikken (1991) menemukan 50 jenis kumbang kotoran dan kumbang bangkai di Taman Nasional Dumoga-Bone, Sulawesi Utara. Dari 50 jenis kumbang tersebut 39 jenis termasuk dalam famili Scarabaeidae, 77% diantaranya dari genus Onthophagus, sisanya termasuk dalam superfamili Aphodiidae (4 jenis), Geotrupidae (2 jenis), Hybosoridae (1 jenis), dan Silphidae (4 jenis). Moniaga (1991) juga melaporkan ada 5 jenis kumbang kotoran dari genus Onthophagus, Aphodius dan Hister di salah satu kompleks peternakan di Minahasa, Sulawesi Utara. Dari Taman Nasional Gunung Halimun, Jawa Barat berhasil dikoleksi sekitar 50 jenis kumbang kotoran dari subfamili Scarabinae (Noerdjito, 2003). Selanjutnya Shahabuddin et al., (2002) melaporkan paling tidak terdapat 18 jenis kumbang kotoran dari genus Onthophagus, Copris, dan Gymnopleurus yang dikoleksi di dataran tinggi (1100-1200 m dpl) Taman Nasional Lore Lindu, Sulawesi Tengah dengan umpan kotoran sapi.

Beberapa penelitian menunjukkan keanekaragaman kumbang kotoran di berbagai wilayah hutan di Indonesia. Keanekaragaman kumbang kotoran di Taman Nasional Gunung Pangrango tercatat sebanyak 28 jenis, sedikit lebih

tinggi dibandingkan dengan keanekaragaman di daerah hutan dataran tinggi daerah Pa'Raye, Taman Nasional Kayan Mentarang (Kalimantan Timur) sebanyak 26 jenis (Kahono and Rosichon, 2003), dan lebih rendah dibandingkan dengan keanekaragaman di Taman Nasional Kerinci Sebelat yaitu 40 jenis (Hariyanto, 2007).

Kumbang kotoran dapat diklasifikasi dan dibedakan berdasarkan cara kumbang mengolah kotoran. Klasifikasi kumbang kotoran ini antara lain tipe *roller*, *tunneller* dan *dweller* (Hanski dan Krikken, 1991). Pada tipe *roller* memiliki ciri membuat potongan pada kotoran dan membuatnya bulatan-bulatan serta menggelindingkannya pada suatu tempat (Gambar 1). Tipe *tunneller* memiliki ciri membuat terowongan di bawah kotoran, terowongan tersebut digunakan untuk menyimpan kotoran dalam bentuk bola-bola, sehingga bola-bola kotoran digunakan oleh kumbang kotoran untuk menyimpan telur kumbang. Tipe *dweller* adalah gabungan dari tipe *roller* dan *tunneller* (Hanski dan Krikken, 1991). Jumlah bola-bola yang dibuat antara 13-25 bola dengan bentuk terowongan vertikal (Moniaga, 1991).

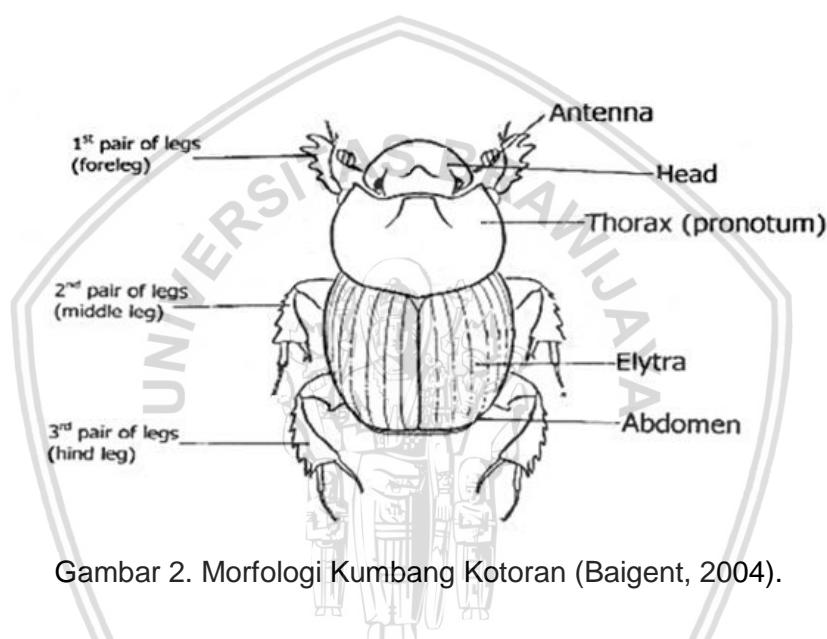


Gambar 1. Pembuatan Bulatan Kotoran oleh Kumbang Kotoran (James dan Johnson, 2017).

2.1.2 Morfologi Kumbang Kotoran

Kumbang kotoran termasuk dalam famili Scarabaeidae yaitu memiliki ciri berbentuk bulat telur yang memanjang, tubuhnya bertekstur kuat serta elitranya keras dan memiliki antena 8-11 ruas yang berbentuk lamelat yang merupakan ciri khusus dari kumbang kotoran. Antena ini berfungsi untuk mendeteksi lokasi kotoran (Borror *et al.*, 1992). Tiga sampai tujuh ruas terakhir antena umumnya meluas menjadi struktur-struktur seperti lempeng yang dibentangkan sangat lebar atau bersatu membentuk satu gada ujung yang padat. Tibia tungkai depan membesar dengan tepi luar bergeligi atau berlekuk. Pada kelompok kumbang

pemakan kotoran bentuk kaki ini khas sebagai kaki penggali (Borror et al., 1989). Bentuk kepala kumbang baik jantan dan betina berbentuk pipih dan terdapat tonjolan berbentuk cula dimana antara jantan dan betina dibedakan dari ada tidaknya cula dibagian kepala tersebut. Salah satu ciri khas yang dimiliki kumbang kotoran dapat dilihat dari tungkainya. Bentuk tungkai kumbang kotoran adalah *ambulatorial* yang dicirikan menurut fungsinya sebagai pejalan. Tungkai *ambulatorial* ini umum dimiliki oleh serangga (Borror et al., 1992). Tungkai depan pada kumbang kotoran pada spesies *Onthopagus* sp. berbentuk forosial dan bagian belakang terdapat duri metatibia, yang ujungnya terdapat kuku (Gambar 2).



Gambar 2. Morfologi Kumbang Kotoran (Baigent, 2004).

Kumbang kotoran mempunyai ciri mulut tipe *mandibulata*. *Mandibulata* ini dicirikan dengan adanya mandibel yaitu bentuk mulut yang menjajar secara horizontal, berbentuk segitiga yang berfungsi memotong dan menggigit makanan padat. Tipe ini merupakan tipe alat mulut serangga primitif yang kebanyakan dimiliki hampir pada serangga kumbang (Borror et al., 1992).

2.1.3 Perilaku Kumbang Kotoran

Kumbang kotoran sangat tertarik pada kotoran, di Afrika disebutkan kumbang kotoran akan segera menghampiri kotoran kerbau yang baru dan dalam beberapa hari tumpukan kotoran kerbau akan hilang dari permukaan tanah (Moniaga, 1991). Perilaku kumbang kotoran dalam mengurangi tumpukan kotoran diawali dengan membuat bola-bola pada kotoran dan terowongan di bawah kotoran. Terowongan-terowongan ini digunakan untuk menyimpan bola-bola dan bola-bola tersebut digunakan untuk menanamkan telur kumbang.

Jumlah bola dan telur yang diletakan pada setiap liang dipengaruhi oleh perbedaan jenis, keadaan tanah, kanopi tumbuhan dimana kotoran dikeluarkan. Kumbang kotoran pada spesies tertentu akan mengelindingkan kotoran sampai ditemukan kondisi kanopi dan tanah yang ideal bagi kumbang (Waterhouse, 1974). Moniaga (1991), menyebutkan bahwa kondisi kadar air tanah mempengaruhi jumlah bola dan siklus hidup anak kumbang kotoran. Disebutkan kadar air tanah yang ideal untuk perkembangbiakan kumbang kotoran antara 40 sampai 60 persen.

Kumbang kotoran memakan kotoran yang diekskresikan oleh herbivora dan omnivora. Beberapa kumbang kotoran memakan jamur, daun-daunan dan buah-buahan yang membusuk. Larva memakan cairan dan serat tumbuhan yang belum dicerna pada kotoran, sementara dewasanya menghisap cairan yang telah diekstrak menggunakan bagian mulutnya, cairan tersebut penuh dengan mikroorganisme dan nutrient lainnya (Moniaga, 1991).

2.1.4 Peran Kumbang Kotoran terhadap Ekosistem

Berbagai spesies kumbang kotoran yang sering ditemukan berasal dari genus *Copris*, *Onthophagus*, *Paragymnopleurus*, *Catarsius* dan *Phacosoma* dengan kelimpahan yang berbeda-beda (Kahono dan Setiadi, 2007). Genus kumbang kotoran tersebut ditemukan pada karakteristik ketinggian yang berbeda. Genus *Onthophagus* merupakan genus yang paling banyak ditemukan (Gambar 3). Dengan jumlah spesies sekitar 2.000, genus ini merupakan salah satu genus yang sangat beragam dari kelompok serangga dan dari kelompok kumbang kotoran genus ini paling banyak ditemukan di Asia Tenggara (Hanski and Cambefort, 1991). Kumbang genus *Onthophagus* lebih menyukai kotoran sapi daripada kotoran kuda. *Onthophagus* mengandalkan indera penciuman dan sentuhan untuk mendekati kotoran (Dormont *et al*, 2004). Genus *Onthopagus* lebih menyukai tanah berpasir sehingga sebagian besar hidup di daerah berpasir dengan vegetasi jarang (Halffer dan Matthews, 1996).



Gambar 3. Kumbang Kotoran Genus *Onthophagus* (Davis, 2000)

Kumbang kotoran (*dung beetle*) memiliki banyak peran di dalam ekosistem. Keberadaan kumbang kotoran dapat memberikan informasi yang sangat penting dalam studi lingkungan. Perilaku kumbang kotoran yang melakukan reproduksi di sekitar kotoran, maka akan membantu dalam proses penguraian kotoran sehingga tidak sampai menumpuk di suatu tempat. Aktivitas tersebut menguntungkan bagi kesuburan tanah, dengan membenamkan kotoran ke dalam tanah, kumbang dapat memperbaiki kesuburan dan aerasi tanah, serta meningkatkan laju siklus nutrisi (Andresen, 2002).

Selain itu kumbang kotoran berperan dalam menjaga penyebaran biji, sehingga dapat menjaga kemampuan regenerasi hutan (Estrada et al., 1999). Kumbang membenamkan biji yang terdapat pada kotoran hewan ke dalam tanah sehingga mendukung terjadinya perkecambahan biji. Biji yang tidak ditanamkan oleh kumbang kotoran biasanya sangat rentan untuk berkecambah karena dimangsa oleh predator seperti tikus dan hewan pengerat lainnya (Andersen, 2001). Kumbang kotoran juga sangat berperan dalam mencegah pencemaran tanah pada padang rumput (Gittings et al, 1994).

2.2 Pengaruh Penggunaan Lahan terhadap Kumbang Kotoran

Alih guna lahan menyebabkan berkurangnya luas dan kualitas hutan yang cukup signifikan. Perubahan dan intensitas penggunaan lahan berperan besar terhadap kerusakan habitat dan penurunan keanekaragaman hayati. Keberadaan serangga dapat dijadikan indikator kondisi suatu ekosistem masih stabil. Kumbang kotoran (Coleoptera: Scarabaeidae) merupakan salah satu grup taksa penting serangga dalam monitoring keanekaragaman hayati dan

konservasi (Spector 2006). Davis dan Sulton (1998) menyatakan bahwa kumbang kotoran penting sebagai indikator biologi, dimana pada lingkungan yang berbeda akan mempunyai struktur dan distribusi kumbang kotoran yang berbeda pula.

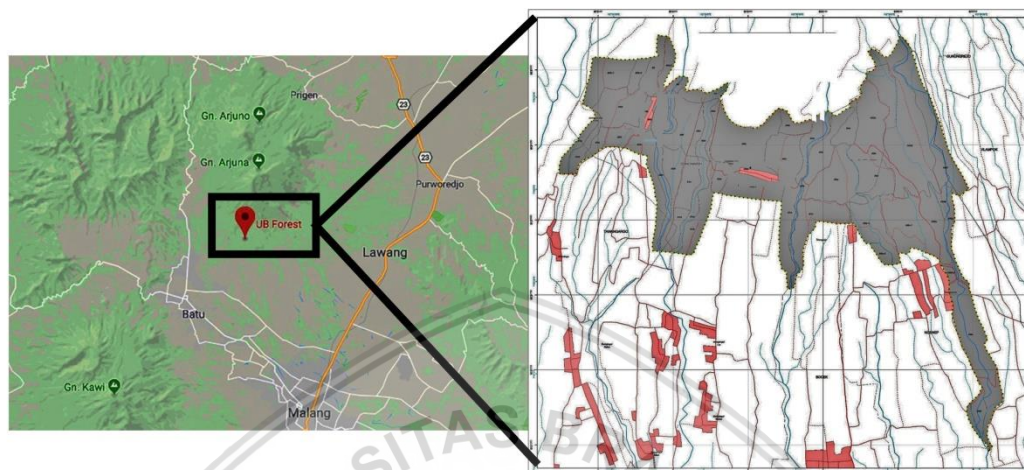
Alih fungsi lahan hutan menjadi lahan pertanian menyebabkan terganggunya fauna di dalamnya. *Giller et al.* (1997) menyatakan bahwa kegiatan pertanian menjadi penyebab menurunnya keanekaragaman biota dan fungsi ekosistem lahan, karena adanya perubahan jenis dan kerapatan tumbuhan yang ditanam. Polikultur memiliki potensi menciptakan keanekaragaman fauna dengan jaring makanan yang lebih kompleks, termasuk menstimulasi kehadiran pengendali hayati (Rohman 2008).

Penggunaan lahan hutan yang masih alami dapat menjadi habitat yang baik bagi kumbang kotoran. Pada hutan dataran rendah tropis merupakan habitat yang optimal bagi perkembangan spesies kumbang kotoran (Davis *et al.* 2001). Terdapat beberapa dampak dari alih guna lahan yang menyebabkan menurunnya komposisi spesies kumbang kotoran. Perbedaan struktur vegetasi hutan (hutan primer dan hutan sekunder) menjadi faktor berkurangnya kelimpahan individu kumbang kotoran pada suatu ekosistem (Boonrotpong *et al.* 2004). Selain itu, keberadaan infrastruktur jalan raya memberikan kontribusi negatif bagi kekayaan spesies dan kelimpahan individu kumbang kotoran (Carpio *et al.* 2009).

2.3 Hutan Pendidikan *UB Forest* dan Tipe Penggunaan Lahan di dalamnya

UB Forest merupakan hutan produksi yang dikelola Universitas Brawijaya untuk kepentingan edukasi yang terletak di lereng Gunung Arjuno, Kecamatan Karangploso, Kabupaten Malang (Gambar 4). Berdasarkan Surat Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: 676/MenLHK-Setjen/2015 Hutan Pendidikan *UB Forest* Malang ditetapkan oleh Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan pada tanggal 19 September 2016 yang terletak Kecamatan Karangploso. Luas wilayah *UB Forest* sebesar 554,74 Ha yang berada kurang lebih 1.200 mdpl di lereng Gunung Arjuna. Pada lahan tersebut banyak digunakan sebagai fasilitas umum seperti hutan, hutan produksi, sekolah, pemukiman, dan lain lain. Wilayah ini secara geografis terletak pada koordinat 7°53'35" LS dan 112°53'41" BT. Pada wilayah yang menjadi tempat penelitian memiliki tekstur tanah yang mendominasi yaitu lempung berpasir,

sedangkan struktur yang mendominasi yaitu struktur gumpal membulat. Jenis tanah merupakan tanah aluvial dengan aliran permukaan di setiap titik memiliki aliran permukaan yang lambat. Terdapat berbagai jenis tutupan lahan pada *UB Forest* yang membedakan keanekaragaman flora dan fauna di dalamnya.



Gambar 4. Peta Lokasi Hutan Pendidikan *UB Forest*.

Sebagai hutan, *UB Forest* memiliki fungsi yang berdampak positif terhadap kelangsungan kehidupan masyarakat di sekitarnya. Berdasarkan fungsinya hutan dibagi menjadi tiga kelompok yaitu hutan lindung, hutan produksi dan hutan konservasi. Fungsi hutan antara lain adalah sebagai penyedia air bersih yang dapat digunakan untuk kegiatan sehari-hari, selain itu hutan dapat mencegah terjadinya erosi dan tanah longsor. Hutan juga merupakan sumber devisa negara dengan segala hasil produksinya seperti kayu. *UB Forest* sering digunakan sebagai tempat penelitian diantaranya dari aspek biodiversitas, tanah, maupun produktivitas tanamannya.

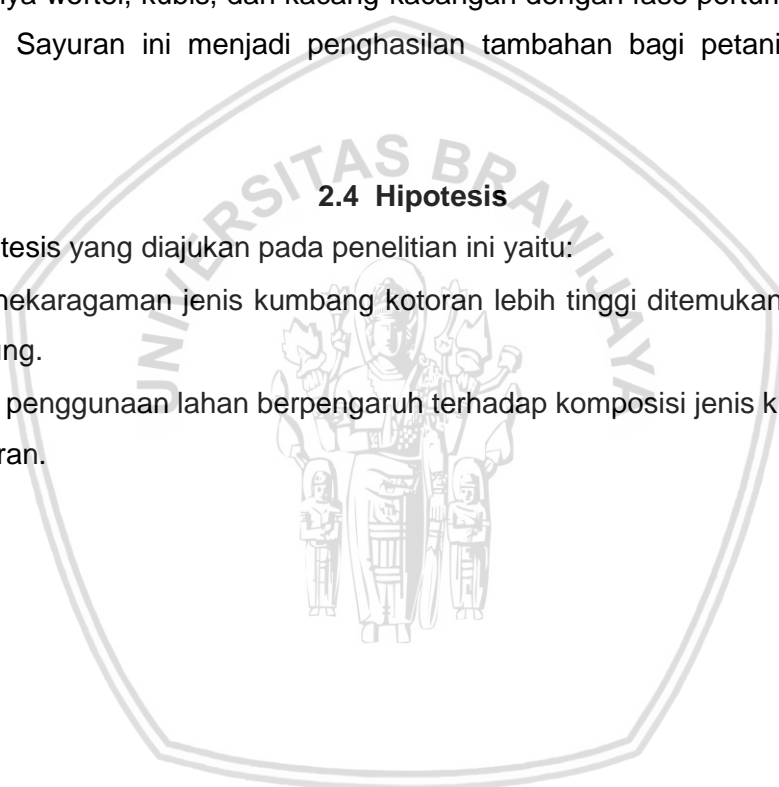
Penggunaan lahan yang digunakan pada wilayah penelitian kebanyakan adalah agroforestri dengan tanaman utama merupakan tanaman tahunan seperti pinus, mahoni, dan kopi. Selain tanaman tahunan, terdapat pula tanaman semusim seperti talas dan sayur-sayuran. Selain agroforestri, terdapat kawasan lindung yang masih alami dan belum dialihfungsikan. Namun saat ini keberadaan wilayah kawasan lindung semakin terbatas akibat alih guna lahan. Pada wilayah yang dihuni masyarakat terdapat peternakan milik warga sekitar seperti peternakan sapi, kerbau, dan ayam yang menjadi pekerjaan sampingan dan tambahan penghasilan bagi masyarakat.

Terdapat macam-macam jenis tutupan lahan yang ada di *UB Forest* diantaranya adalah pinus (*Pinus merkusii*). Pinus merupakan salah satu jenis anggota famili *Pinaceae*, yang tumbuh pada ketinggian antara 30 – 1800 m dpl (di atas permukaan air laut) pada berbagai tanah dan iklim (Hidayat dan Hansen, 2001). Selain pinus, juga terdapat mahoni (*Swietenia marchopylla*) yang termasuk dalam famili *Meliaceae*. Mahoni dapat tumbuh dengan baik di tempat yang terbuka dan terkena cahaya matahari secara langsung, baik di dataran rendah maupun dataran tinggi, yaitu dengan ketinggian 1000 m di atas permukaan laut (Ariyantoro, 2006). Jenis sayuran yang terdapat di *UB Forest* diantaranya wortel, kubis, dan kacang-kacangan dengan fase pertumbuhan yang berbeda. Sayuran ini menjadi penghasilan tambahan bagi petani sekitar *UB Forest*.

2.4 Hipotesis

Hipotesis yang diajukan pada penelitian ini yaitu:

1. Keanekaragaman jenis kumbang kotoran lebih tinggi ditemukan di kawasan lindung.
2. Tipe penggunaan lahan berpengaruh terhadap komposisi jenis kumbang kotoran.





3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan November 2017 sampai dengan Januari 2018 di kawasan *UB Forest*, yaitu Dusun Sumber Sari dan Buntoro, Kecamatan Karangploso, Kabupaten Malang. Identifikasi jenis-jenis kumbang kotoran yang telah dikoleksi dilakukan mulai bulan Februari sampai dengan Maret 2018 di Laboratorium Entomologi Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.

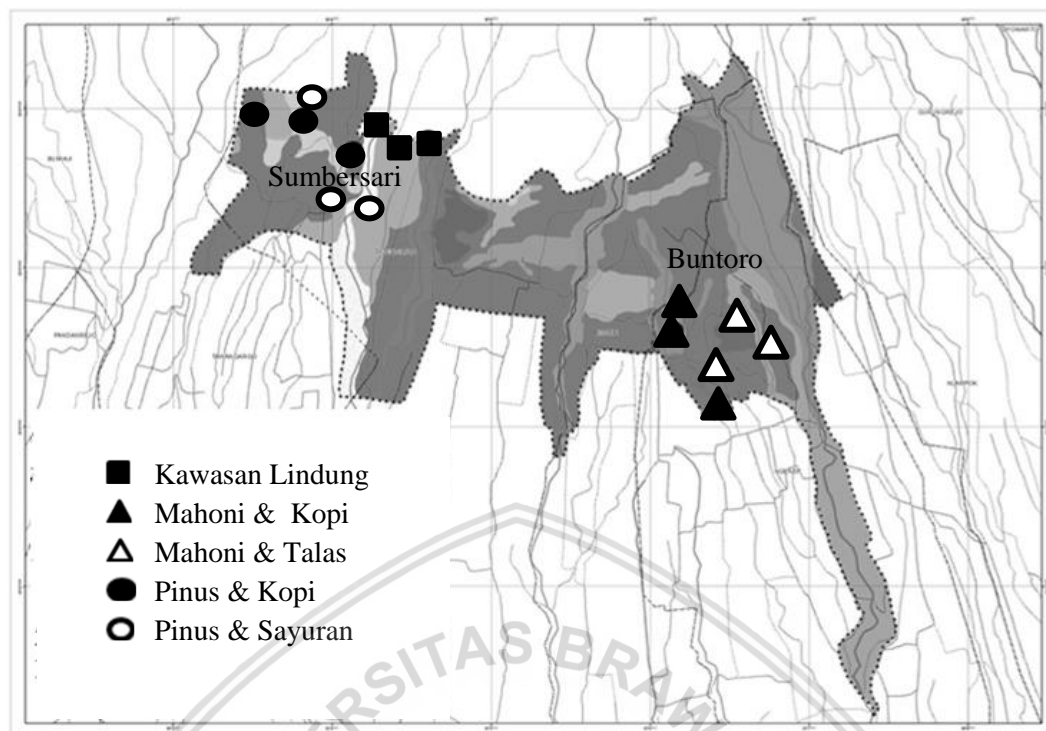
3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan meliputi gelas plastik (tinggi 9 cm, diameter 6,5 cm), kain kasa, satu set lidi (panjang 20 cm), GPS, sekop kecil, benang kasur, karet gelang, pena marker, pinset, saringan, botol fial, botol spesimen (*eppendorf tube*), dan mikroskop. Bahan yang digunakan terdiri atas alkohol 70%, air, garam, sabun, kotoran sapi yang segar.

3.3 Pelaksanaan Penelitian

3.3.1 Penentuan Lokasi dan Plot Pengamatan

Survei lahan dilakukan untuk menentukan lokasi penelitian dengan mendatangi lahan dan selanjutnya diidentifikasi tipe penggunaan lahannya. Terdapat 2 macam tipe penggunaan lahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kawasan lindung dan agroforestri. Pada plot penelitian pada kawasan agroforestri dibagi menjadi 4 tutupan lahan, yaitu tanaman pinus dengan kopi, tanaman pinus dengan sayuran, tanaman mahoni dengan kopi, dan tanaman mahoni dengan talas. Jenis sayuran yang ada pada plot pengamatan yaitu kubis pada fase generatif, wortel pada fase vegetatif, dan kacang pada fase vegetatif. Setiap tipe penggunaan lahan terdiri dari 3 plot, jadi total seluruh plot yang akan diamati berjumlah 15 plot yang tersebar di Dusun Sumber sari dan Buntoro (Gambar 5).



Gambar 5. Lokasi dan Persebaran Plot Pengambilan Sampel di Dusun Sumber Sari dan Dusun Buntoro, Karangploso, Malang.

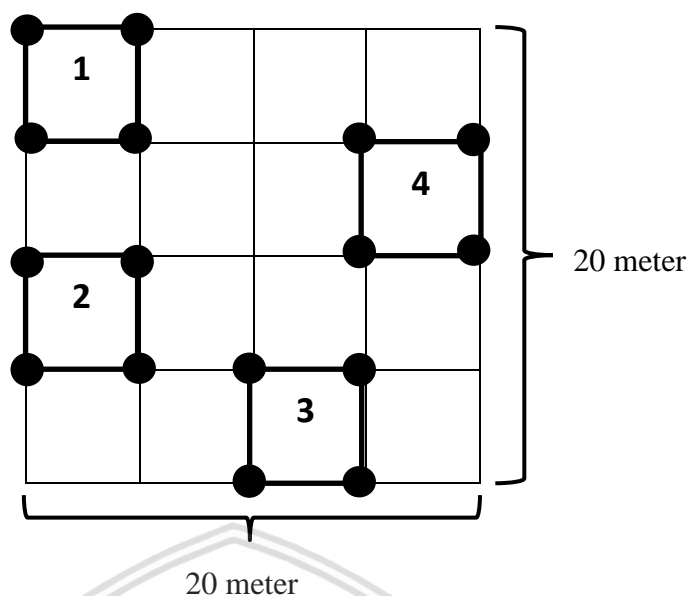
Masing-masing tipe penggunaan lahan memiliki kode untuk memudahkan dalam proses pengambilan sampel. Pada tipe penggunaan lahan kawasan lindung diberi kode KL, tipe penggunaan lahan agroforestri mahoni dengan kopi diberi kode MK, penggunaan lahan agroforestri mahoni dengan talas diberi kode MT tipe penggunaan lahan agroforestri pinus dengan kopi diberi kode PK, dan tipe penggunaan lahan agroforestri pinus dengan sayuran diberi kode PS. Tipe penggunaan lahan agroforestri mahoni dengan kopi, agroforestri mahoni dengan talas, dan agroforestri pinus dengan sayuran termasuk ke dalam kelas umur 8 (36-40 tahun), sedangkan tipe penggunaan lahan pinus dengan kopi termasuk ke dalam kelas umur 7 (31-5 tahun). Setelah ditentukan lokasi dan plot pengamatan dengan berbagai tipe penggunaan lahan, selanjutnya menentukan koordinat dan elevasi dari masing-masing plot menggunakan GPS yang bertujuan untuk memudahkan mengetahui sebaran plot (Tabel 1).




Tabel 1. Lokasi dan Letak Geografis Plot Pengamatan

Penggunaan Lahan	Plot	Lokasi Pengamatan	Koordinat	Elevasi (m dpl)	Deskripsi Lokasi
Kawasan Lindung	KL1	Desa Sumbersari	07.82240° LS 112.58052° BT	1250	Didominasi oleh tumbuhan bersemak
	KL2		07.82240° LS 112.58123° BT	1254	
	KL3		07.82454° LS 112.58356° BT	1256	
Mahoni & kopi	MK1	Desa Buntoro	07.83610° LS 112.59802° BT	1057	Dekat dengan jalan raya
	MK2		07.83739° LS 112.59955° BT	1053	
	MK3		07.83792° LS 112.60060° BT	1046	
Mahoni & talas	MT1	Desa Buntoro	07.83660° LS 112.59798° BT	1055	Dekat dengan jalan raya
	MT2		07.83753° LS 112.59949° BT	1050	
	MT3		07.83844° LS 112.60060° BT	1043	
Pinus & kopi	PK1	Desa Sumbersari	07.82494° LS 112.57948° BT	1235	Dekat dengan areal peternakan milik warga
	PK2		07.82404° LS 112.57744° BT	1247	
	PK3		07.82184° LS 112.57332° BT	1261	
Pinus & sayuran	PS1	Desa Sumbersari	07.82344° LS 112.57625° BT	1250	Jumlah vegetasi sedikit
	PS2		07.82134° LS 112.57456° BT	1277	
	PS3		07.82305° LS 112.57406° BT	1247	

3.3.2 Penentuan Unit Sampling

Setelah penentuan letak plot, kemudian menentukan letak unit untuk pengambilan sampel. Luas setiap plot yang telah ditentukan yaitu 20 m x 20 m. Pada setiap plot akan dibagi menjadi 4 sub plot yang berukuran 5 m x 5 m. Dalam 1 sub plot dibagi menjadi 4 unit pengamatan sampel yang disebut unit sampling. Unit sampling digunakan untuk tempat meletakkan perangkat kumbang kotoran. Penentuan antar sub plot diberi jarak minimal 5 m (Gambar 6).



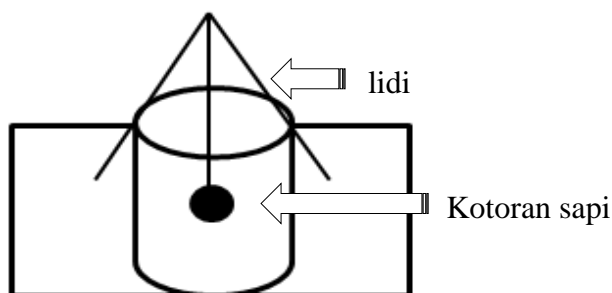
-  Plot pengamatan (20m x 20m)
-  Sub plot sampling (5m x 5m)
-  Unit Sampling

Gambar 6. Sub Plot dan Unit Sampling

3.3.3 Persiapan Perangkap dengan Umpan

Metode yang digunakan adalah metode perangkap jebak dengan umpan (*baited-pitfall trap*) (modifikasi dari Shahabudin *et al.* 2005). Umpan yang digunakan yaitu kotoran sapi yang masih segar (20 gram/perangkap) (Shahabuddin *et al.* 2010). Kotoran sapi dibungkus dengan kain kasa (10 x 10 cm), diikat dengan tali kasur dan ditautkan pada tusuk yang terbuat dari bambu yang telah diikat karet. Dalam 1 plot terdapat 4 subplot yang telah ditentukan untuk lokasi pengamatan. Penentuan subplot dilakukan secara acak, tiap subplot terdapat 4 unit sampling. Pada tiap perangkap dipasang kotoran sapi yang masih segar. Kotoran sapi diperoleh dari peternakan sapi milik warga sekitar.

Pengambilan sampel kumbang kotoran dilakukan dengan menggunakan metode perangkap jebak dengan umpan. Perangkap jebak yang digunakan terdiri dari gelas plastik, dan penyangga untuk meletakkan kotoran sapi yang telah dibungkus kasa. Penyangga terbuat dari tiga buah tusuk yang terbuat dari bambu yang direkatkan dengan karet pada bagian ujung atas lidi. Ujung bawah tiap lidi dibuat tajam/runcing sehingga mudah ditanamkan ke dalam tanah (Gambar 7).



Gambar 7. Perangkap Dengan Umpan Kotoran Sapi

Cairan perangkap dibuat dari campuran air, garam dan sabun. Dalam satu gelas ukuran 240 ml menggunakan air sebanyak 80 ml, garam dan sabun secukupnya, lalu campuran ini dikocok. Gelas plastik yang telah berisi cairan tersebut diletakkan di dalam tanah dengan posisi bagian atas gelas rata dengan permukaan tanah. Diperlukan satu hari untuk menyelesaikan pemasangan, kemudian pengambilan sampel dilakukan pada hari berikutnya. Pemasangan dan pengambilan sampel kumbang kotoran pada tiap lokasi dilakukan selama tiga hari berturut-turut, hal ini bertujuan untuk memperoleh data yang akurat.

3.3.4. Sortir dan Identifikasi Kumbang Kotoran

Kumbang kotoran yang ditemukan dimasukkan ke dalam botol spesimen yang berisi alkohol 70%. Hal ini bertujuan untuk mengawetkan kumbang kotoran sebelum diidentifikasi. Setelah proses pengawetan, kumbang kotoran disortir dengan tujuan untuk memisahkan serangga yang ditemukan berdasarkan ordo. Selain itu, proses sortir dapat memudahkan dalam proses identifikasi.

Kumbang kotoran yang diidentifikasi merupakan serangga yang berhasil masuk ke dalam perangkap jebak. Identifikasi kumbang dilakukan dengan menggunakan mikroskop di laboratorium. Seluruh spesimen kumbang kotoran diidentifikasi sampai tingkat genus dengan mengacu pada kunci identifikasi Vaz-de-Mello *et al* (2011) dan Borror *et al* (2005).

3.3.5 Analisis Data

Pengukuran keanekaragaman α pada tiap lokasi dapat dihitung dengan menggunakan indeks Shannon-Wiener (H'), selain itu dilakukan perhitungan kemerataan spesies menggunakan indeks kemerataan Shannon-Wiener (E), dominansi spesies pada tiap lokasi dihitung dengan Indeks Simpson (D) (Magurran 2004).

Indeks Shannon-Wiener

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

Indeks Simpson

$$D = \sum \frac{n_i [n_i - 1]}{N [N - 1]}$$

Keterangan :

H' = Indeks Shannon-Wiener

P_i = proporsi individu yang ditemukan pada spesies ke- i

S = jumlah spesies

D = Indeks Simpson

n_i = jumlah individu pada spesies ke- i

N = jumlah total individu yang ditemukan

$$E = H' / \ln (s)$$

Keterangan :

E = Indeks kemerataan jenis.

\ln = Logaritma natural.

s = Jumlah jenis.

H' = Indeks keanekaragaman jenis.

Analisis kesamaan komunitas dihitung berdasarkan prinsip kedekatan jarak. Indeks Bray-Curtis (Magurran 2004) digunakan untuk mengukur ketidaksamaan jarak antar spesies berdasarkan data kelimpahan individu. Pengujian keanekaragaman kumbang kotoran menggunakan analisis ragam (ANOVA).

$$C_N = \frac{2jN}{(Na + Nb)}$$

Keterangan :

C_N = Indeks Bray-Curtis

$2jN$ = jumlah kelimpahan spesies terendah yang ditemukan pada 2 lokasi

Na = jumlah individu pada lokasi A

Nb = jumlah individu pada lokasi B

Perhitungan luas kanopi dengan cara mengambil foto dengan meletakkan kamera di atas permukaan tanah. Persentasi luas kanopi dihitung menggunakan software ImageJ, kemudian dihitung menggunakan Analisis Korelasi. Sedangkan penentuan jumlah vegetasi yaitu dengan menghitung langsung jumlah vegetasi dan menentukan jenis vegetasi yang ada. Vegetasi yang ditemukan diidentifikasi menggunakan kunci identifikasi Zhenghao Xu dan Guoning Zhou (2017). Pengukuran korelasi antar tipe vegetasi dan kanopi dengan kelimpahan individu

serta kekayaan spesies kumbang kotoran menggunakan Analisis Korelasi Pearson Product Moment (r). nilai $r=0-1,199$ memiliki korelasi sangat rendah, nilai $r=0,20-0,399$ memiliki korelasi rendah, nilai $r=0,40-0,599$ memiliki korelasi sedang, nilai $r=0,60-0,799$ memiliki korelasi kuat, dan nilai $r=0,80-1,00$ memiliki korelasi sangat kuat (Sugiyono, 2010). Perolehan p hitung $< 0,05$ menunjukkan bahwa hubungan yang terjadi adalah signifikan (Sugiyono, 2007).

Uji lanjut terhadap kesamaan komposisi komunitas kumbang kotoran dihitung dengan menggunakan Analisis Kemiripan (ANOSIM) dan Non Metric Multidimensional Scaling (NMDS). Ada empat kategori nilai stress yang digunakan untuk mendeteksi akurasi nilai suatu plot yang menggambarkan struktur/komposisi spesies asli dengan struktur komposisi sampel yang didapat, yaitu nilai stress $< 0,05$ merupakan plot yang sempurna, dengan kemungkinan tidak ada kesalahan dalam menginterpretasikannya. Nilai stress = $0,15$ menggambarkan plot yang cukup akurat dengan tingkat kesalahan interpretasi rendah. Nilai stress $< 0,2$ menggambarkan plot kurang baik untuk digunakan. Nilai stress $> 0,2$ sangat besar kemungkinan terjadi kesalahan dalam menginterpretasikannya (Clarke, 1993). Seluruh pengolahan data menggunakan paket vegan dari software R-Statistic (R Development Core Team 2018). Selanjutnya hasil tersebut disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Keanekaragaman Kumbang Kotoran pada Berbagai Tipe Penggunaan Lahan di *UB Forest*

Dalam penelitian ini diperoleh hasil total individu kumbang kotoran yang ditemukan di *UB Forest* pada kelima tipe penggunaan lahan sebanyak 721 individu dan 10 spesies yang termasuk ke dalam genus *Aphengium*, *Aphodius*, *Copris*, *Onthophagus*, dan *Rhyssenus*. Kelima genus tersebut merupakan kumbang kotoran yang termasuk ke dalam famili *Scarabaeidae* (Tabel 2).

Tabel 2. Keanekaragaman Kumbang Kotoran pada Berbagai Tipe Penggunaan Lahan di *UB Forest*

Genus	Spesies	Tipe Penggunaan Lahan				
		Kawasan Lindung	Mahoni & Kopi	Mahoni & Talas	Pinus & Kopi	Pinus & Sayuran
<i>Aphengium</i>	<i>Aphengium</i> sp1	0	0	0	0	1
<i>Aphodius</i>	<i>Aphodius</i> sp1	0	0	0	1	1
<i>Copris</i>	<i>Copris hispanus</i>	0	8	4	4	2
<i>Onthophagus</i>	<i>Onthophagus chandrai</i>	12	4	3	15	1
	<i>Onthophagus joannae</i>	6	2	8	21	0
	<i>Onthophagus ovatus</i>	5	5	4	52	43
	<i>Onthophagus ruficapillus</i>	17	6	4	27	17
	<i>Onthophagus</i> sp1	13	48	51	7	0
<i>Onthophagus</i>	<i>Onthophagus taurus</i>	155	23	21	101	28
	<i>Rhyssenus germanus</i>	0	0	0	0	1
Total Individu		208	96	95	228	94
Total Spesies		6	7	7	8	8

Dari hasil penelitian ditemukan jumlah individu kumbang kotoran paling banyak terdapat pada tipe penggunaan lahan pinus dengan kopi yaitu sebanyak 228 individu. Sedangkan jumlah individu kumbang kotoran yang ditemukan paling sedikit terdapat pada tipe penggunaan lahan pinus dengan sayuran. Untuk jumlah spesies kumbang kotoran paling tinggi terdapat pada tipe penggunaan lahan pinus dengan kopi dan pinus dengan sayuran yaitu sebanyak 8 spesies. Sedangkan jumlah spesies kumbang kotoran yang ditemukan paling

sedikit terdapat pada tipe penggunaan lahan kawasan lindung yaitu hanya sebanyak 6 spesies. Pada tipe penggunaan lahan mahoni dengan kopi dan mahoni dengan talas ditemukan kumbang kotoran dengan jumlah individu dan spesies yang hampir sama. Hasil ini tidak sesuai dengan hipotesis yang diajukan bahwa kawasan lindung memiliki keanekaragaman jenis kumbang kotoran yang tinggi dibandingkan dengan tipe penggunaan lahan lainnya.

Tipe penggunaan lahan pinus dengan kopi ditemukan jumlah individu dan spesies kumbang kotoran paling banyak. Hal ini dikarenakan pada lahan tersebut kondisinya dekat dengan permukiman warga yang memiliki hewan ternak seperti sapi dan kambing. Kumbang kotoran memerlukan kotoran sebagai makanan untuk kelangsungan hidupnya (Doube 1991). Kotoran dari hewan tersebut menjadi sumber pakan untuk kumbang kotoran. Keberadaan kumbang kotoran erat kaitannya dengan satwa, karena ia sangat tergantung kepada kotoran satwa sebagai sumber pakan dan substrat untuk melakukan reproduksinya (Ewusie, 1990). Kumbang kotoran memakan kotoran yang diekskresikan oleh herbivora dan omnivora (Thomas, 2001). Sebagian besar Scarabaeidae berasosiasi dengan kotoran mamalia (sapi, kerbau, gajah, rusa dll), dan mamalia lain seperti manusia (Ewusie, 1990). Hanski dan Cambefort (1991) menyatakan bahwa kekayaan mamalia di suatu daerah selalu diikuti oleh kekayaan jenis maupun populasi kumbang kotoran. Beberapa jenis kumbang kotoran dapat ditemukan pada kotoran mamalia herbivore dan omnivore (Hanski dan Camberfort, 1991). Hanski and Krikken (1991) juga menyatakan bahwa di dalam suatu ekosistem hutan, setiap jenis satwa liar mempunyai daerah distribusi dan kelimpahan yang berbeda-beda pada suatu lingkungan, sehingga keberadaannya akan mempengaruhi keanekaragaman dan kelimpahan kumbang kotoran.

Kumbang kotoran yang ditemukan menunjukkan bahwa genus *Onthophagus* merupakan genus yang paling banyak ditemukan pada seluruh tipe penggunaan lahan di *UB Forest*. Seperti yang juga ditemukan oleh Mardoni (2011) dan Kahono (2007), genus *Onthophagus* merupakan genus yang paling banyak ditemukan dengan jumlah spesies sekitar 2.000. Genus ini merupakan salah satu genus yang sangat beragam dari kelompok serangga dan dari kelompok kumbang kotoran genus ini paling banyak ditemukan di Asia Tenggara (Hanski and Cambefort, 1991). Kumbang kotoran dari genus *Onthophagus* adalah kumbang tipe *tunneler*, kumbang tersebut hidup dengan membuat terowongan yang dijadikan sebagai sarang di bawah tumpukan kotoran yang

ditemuinya (Hanski & Cambefort, 1991). Pola perilaku tersebut menyebabkan *Onthophagus* dapat berkembang luas diberbagai tipe iklim karena paparan gangguan dari lingkungan luar menjadi berkurang. Terdapat kumbang kotoran yang berasal dari genus *Aphodius* pada tipe penggunaan lahan lainnya. Menurut Noerdjito (2009) genus *Aphodius* adalah kelompok kumbang tipe *dweller* (penetap) yang hidup dan berkembangbiak di tumpukan kotoran tanpa membuat sarang atau terowongan. Perilaku hidup tersebut membuat spesies dari *Aphodius* mendapatkan gangguan lebih besar dari kondisi lingkungan dan jenis kumbang lainnya sehingga keberadaannya di alam sedikit ditemukan (Hanski & Cambefort, 1991).

Dari hasil kumbang kotoran yang ditemukan di *UB Forest* diperoleh hasil perhitungan menggunakan indeks keanekaragaman Shannon-Wiener, indeks dominansi Simpson, dan indeks kemerataan (Tabel 3). Hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa tipe penggunaan lahan pinus dengan kopi memiliki hasil tertinggi dari seluruh indeks. Sedangkan tipe penggunaan lahan kawasan lindung merupakan lahan dengan hasil indeks paling rendah. Tingginya nilai keanekaragaman serangga menunjukkan bahwa habitat tersebut lebih stabil dari habitat lainnya (Hidayat *et al*, 2004).

Tabel 3. Indeks Keanekaragaman Kumbang Kotoran pada Berbagai Tipe Penggunaan Lahan

No.	Tipe Penggunaan Lahan	Indeks Keanekaragaman (H')	Indeks Dominansi ($1/D$)	Indeks Kemerataan (E)
1.	Kawasan Lindung	0,953	1,752	0,532
2.	Mahoni dan Kopi	1,436	3,094	0,738
3.	Mahoni dan Talas	1,385	2,853	0,711
4.	Pinus dan Kopi	1,550	3,618	0,745
5.	Pinus dan Sayuran	1,303	3,015	0,626

Dari data perhitungan persentase kanopi (Lampiran 1) dan tipe vegetasi (Lampiran 7), hasil analisis korelasi menunjukkan bahwa tipe vegetasi tidak berpengaruh terhadap kekayaan spesies maupun kelimpahan kumbang kotoran. Hasil analisis korelasi pada kanopi juga menunjukkan bahwa kanopi tidak berpengaruh terhadap kekayaan spesies maupun kelimpahan kumbang kotoran (Tabel 4).

Tabel 4. Hasil Analisis Korelasi Kumbang Kotoran terhadap Tipe Vegetasi dan Kanopi

	Spesies Vegetasi	Kelimpahan Vegetasi	% Kanopi
Spesies kumbang kotoran	$r=0,113$; $p=0,6879$	$r=-0,248$; $p=0,0372$	$r=0,131$; $p=0,641$
Kelimpahan kumbang kotoran	$r=0,475$; $p=0,073$	$r=-0,333$; $p=0,0224$	$r=0,119$; $p=0,670$

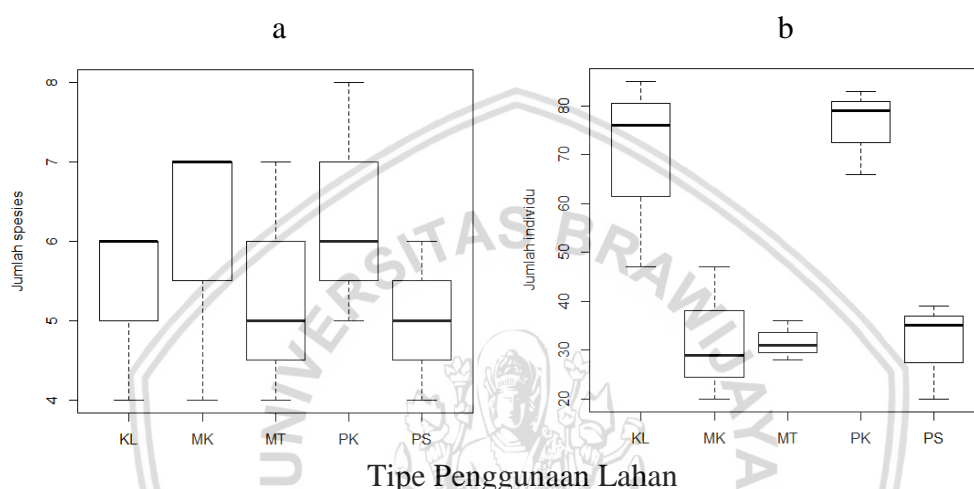
Dari hasil analisis korelasi keseluruhan nilai $p > 0,05$, menandakan bahwa tidak terdapat korelasi. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada hubungan antara kumbang kotoran terhadap tipe vegetasi dan luas kanopi. Tipe vegetasi dan luas kanopi merupakan salah satu faktor lingkungan yang menentukan keanekaragaman kumbang kotoran. Namun, dari hasil analisis korelasi menunjukkan bahwa tipe vegetasi dan luas kanopi pada kelima tipe penggunaan lahan tidak berpengaruh terhadap keberadaan kumbang kotoran di *UB Forest*. Menurut Dewi (2012) hasil studi pada beberapa wilayah tropis tidak menunjukkan adanya perbedaan keanekaragaman kumbang kotoran pada tingkat penutupan tajuk yang berbeda.

Berdasarkan hasil analisis ragam (ANOVA) dari faktor lingkungan yaitu suhu ($F_{2,77}= 2,566$; $P=0,083$), kelembaban udara ($F_{2,77}=0,945$; $P=0,393$), dan curah hujan ($F_{2,77}=0,914$; $P=0,405$) tidak berbeda nyata. Hal ini menunjukkan bahwa pada penelitian ini faktor lingkungan (suhu, kelembaban udara, dan curah hujan) tidak mempengaruhi keberadaan kumbang kotoran di *UB Forest*. Jumlah spesies dan individu kumbang kotoran yang ditemukan di *UB Forest* pada kelima tipe penggunaan lahan tidak dipengaruhi dari faktor lingkungan (tipe vegetasi, kanopi, suhu, kelembaban udara, dan curah hujan) dikarenakan mungkin kumbang kotoran masih bisa toleransi terhadap faktor lingkungan tersebut. Kehadiran suatu jenis serangga dalam suatu habitat dipengaruhi oleh kemampuan serangga tersebut menyebar dan seleksi habitat untuk tempat hidupnya (Ruslan, 2009). Selain itu Rahmawati (2017) menyatakan bahwa serangga memiliki mobilitas yang tinggi dan kemampuan adaptif terhadap faktor lingkungan yang ada.

Hasil tersebut bertolak belakang dengan beberapa literatur sebelumnya. Doube (1991) menyatakan bahwa kekayaan jenis kumbang kotoran dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan terutama oleh tipe vegetasi, tipe tanah, dan jenis kotoran. Faktor lainnya ketinggian tempat, ukuran kotoran hewan, dan musim

(Hanski dan Krikken 1991) turut menentukan keanekaragaman spesies kumbang kotoran. Doube (1983) menjelaskan bahwa bentuk kanopi tumbuhan dan tipe tanah sangat berpengaruh terhadap spesies dan keaktifan kumbang kotoran.

Berdasarkan hasil analisis ragam (ANOVA), kekayaan spesies kumbang kotoran yang diperoleh tidak dipengaruhi oleh berbagai tipe penggunaan lahan ($F_{4,10}=0,450$; $P=0,770$). Sedangkan kelimpahan individu kumbang kotoran dipengaruhi oleh berbagai tipe penggunaan lahan di *UB Forest* ($F_{4,10}=9,819$; $P=0,002$) (Gambar 8).



Gambar 8. (a) Boxplot kekayaan spesies ($F_{10}=0,450$; $P=0,770$) dan (b) kelimpahan individu ($F_{10}=9,819$; $P=0,002$) kumbang kotoran pada tipe penggunaan lahan berbeda. (KL) : Kawasan Lindung, (MK) : Mahoni dengan kopi, (MT) : Mahoni dengan talas, (PK) : Pinus dengan kopi, (PS) : Pinus dengan sayuran.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa tipe penggunaan lahan tidak berpengaruh terhadap kekayaan spesies kumbang kotoran, namun berpengaruh terhadap kelimpahan individu kumbang kotoran. Perbedaan keanekaragaman kumbang kotoran yang ditemukan pada berbagai tipe penggunaan lahan dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Diantaranya yaitu waktu dan lokasi pengambilan sampel yang berbeda pada tiap tipe penggunaan lahan. Kelimpahan individu pada tipe penggunaan lahan kawasan lindung dan pinus dengan kopi menunjukkan hasil yang tinggi. Hal ini dikarenakan pada tipe penggunaan lahan kawasan lindung dan pinus dengan kopi merupakan lahan yang terdapat serasah cukup banyak dibandingkan lahan lainnya. Serasah ini didapatkan dari daun, buah, dan ranting dari tanaman pinus maupun kopi. Selain itu pada kawasan lindung merupakan daerah yang bersemak. Menurut Cambefort (1991), serasah merupakan habitat penting bagi kumbang kotoran,

karena serasah merupakan salah satu sumber daya pertama yang diurai oleh kumbang kotoran. Selain itu, kumbang kotoran menyukai habitat yang rimbun dan bersemak. Doube (1983) menyebutkan bahwa di daerah yang bersemak, populasi serta spesies kumbang kotoran jauh lebih banyak, jika dibandingkan dengan daerah padang rumput. Hal ini disebabkan di daerah bersemak lebih sesuai untuk aktifitas terbang.

Penyebab dari keanekaragaman jenis ini diperkirakan karena adanya perbedaan lokasi, waktu dan tipe ekosistem (Kahono dan Setiadi, 2007). Gangguan habitat seperti pembangunan jalan raya juga turut memengaruhi distribusi dan keanekaragaman kumbang kotoran (Carpio *et al.* 2009). Selain dari segi waktu dan lokasi, cuaca pada saat pengambilan sampel juga mempengaruhi hasil kumbang kotoran yang ditemukan. Menurut Errouissi *et al.*, (2004), kondisi iklim terutama suhu dan kelembaban udara serta kandungan kotoran merupakan faktor yang menentukan keberadaan spesies kumbang kotoran. Selain itu, keberadaan mamalia yang kotorannya digunakan sebagai sumber makanan bagi kumbang kotoran pada tiap tipe penggunaan lahan juga menentukan keberadaan kumbang kotoran. Hanski dan Cambefort (1991) menyatakan bahwa kekayaan mamalia di suatu daerah selalu diikuti oleh kekayaan jenis maupun populasi kumbang kotoran.

Lahan hutan yang dialihfungsikan menjadi areal pertanian juga dapat menjadi salah satu penyebab perubahan keanekaragaman suatu spesies serta kelimpahan individu karena terjadi perubahan struktur pada habitat tersebut. Giller *et al.* (1997) menyatakan bahwa kegiatan pertanian menjadi penyebab menurunnya keanekaragaman biota dan fungsi ekosistem lahan, karena adanya perubahan jenis dan kerapatan tumbuhan yang ditanam. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian bahwa lahan yang digunakan sebagai areal pertanian jumlah individunya sedikit. Dalam ekosistem ini terjadi campur tangan manusia secara terus menerus melalui pengolahan lahan, penyemprotan pestisida, penyiangan, panen, dan sebagainya. Bentuk ekosistem buatan biasanya kurang stabil karena selalu berubah-ubah, serta memiliki keragaman organisme yang rendah. Keanekaragaman cenderung akan rendah dalam ekosistem-ekosistem yang secara fisik terkendali secara kimiawi (Dantje, 2010).

4.2 Perbedaan Komposisi Kumbang Kotoran pada Berbagai Tipe Penggunaan Lahan di *UB Forest*

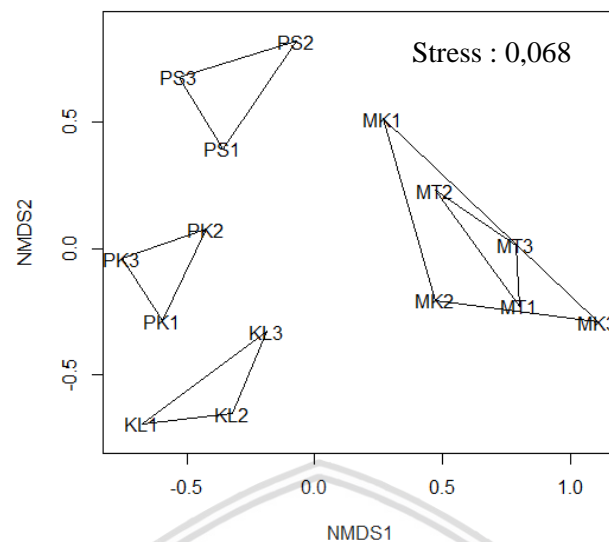
Komposisi kumbang kotoran pada berbagai tipe penggunaan lahan di *UB Forest* dilihat dari nilai kemiripan Bray-Curtis (Tabel 5). Nilai kemiripan tertinggi ditemukan pada tipe penggunaan lahan mahoni dengan kopi dan mahoni dengan talas (90,1%). Sedangkan nilai kemiripan terendah ditemukan pada tipe penggunaan lahan mahoni dengan kopi dan pinus dengan kopi (31,5%).

Tabel 5. Kemiripan Komposisi Kumbang Kotoran pada Berbagai Tipe Penggunaan Lahan

No	Tipe Penggunaan Lahan	Kawasan Lindung	Mahoni Kopi	Mahoni Talas	Pinus Kopi	Pinus Semusim
1.	Kawasan Lindung	1				
2.	Mahoni Kopi	0,349	1			
3.	Mahoni Talas	0,337	0,901	1		
4.	Pinus Kopi	0,679	0,315	0,316	1	
5.	Pinus Semusim	0,338	0,389	0,339	0,571	1

Berdasarkan hasil indeks kemiripan Bray-Curtis pada berbagai tipe penggunaan lahan di *UB Forest*, pada tipe penggunaan lahan mahoni dengan kopi dan mahoni dengan talas memiliki kemiripan komposisi yang tinggi yaitu 0,901 (90,1%). Kedua tipe penggunaan lahan tersebut ditemukan 7 spesies yang sama, yaitu *Copris hispanus*, *Onthophagus chandrai*, *Onthophagus joannae*, *Onthophagus ovatus*, *Onthophagus ruficapillus*, *Onthophagus* sp1, dan *Onthophagus taurus*. Sedangkan kemiripan terendah terletak pada tipe penggunaan lahan pinus dengan kopi dan mahoni dengan kopi. Hal ini dikarenakan terdapat spesies *Aphodius* sp1 pada tipe penggunaan lahan pinus dengan kopi, namun spesies tersebut tidak ditemukan pada tipe penggunaan lahan mahoni dengan kopi.

Berdasarkan hasil ANOSIM menunjukkan bahwa tipe penggunaan lahan berpengaruh terhadap keberadaan kumbang kotoran di *UB Forest* ($R=0,7104$, $P=0,001$) (Gambar 9). Tipe penggunaan lahan mahoni dengan kopi dan mahoni dengan talas menunjukkan adanya kemiripan yang signifikan.



Gambar 9. Non Metric Multidimensional Scaling (NMDS) dari kumbang kotoran pada berbagai tipe penggunaan lahan di *UB Forest* (Stress: 0,068). KL = Kawasan Lindung, MK = Mahoni Kopi, MT = Mahoni Talas, PK = Pinus Kopi, PS = Pinus Semusim. Kode angka 1-3 menunjukkan plot.

Dapat disimpulkan bahwa penggunaan lahan berpengaruh terhadap komposisi spesies dan kelimpahan individu kumbang kotoran. Tipe penggunaan lahan mahoni dengan kopi dan mahoni dengan talas menunjukkan adanya kemiripan yang signifikan dikarenakan terdapat 7 spesies yang sama dan jumlah individu yang hampir sama pula. Hal ini dapat ditunjukkan dari grafik NMDS, apabila bentuk segitiga berdekatan seperti pada tipe penggunaan lahan mahoni dengan kopi dan mahoni dengan talas menandakan bahwa kedua lahan tersebut komposisinya mirip.

Pada tipe penggunaan lahan mahoni dengan kopi dan mahoni dengan talas memiliki ketinggian tempat yang relatif sama, sehingga keberadaan spesies kumbang kotoran pada kedua tempat tersebut diperkirakan sama. Perbedaan individu dan kekayaan jenis mungkin dapat disebabkan oleh perbedaan ketinggian (Hanski and Cambefort, 1991). Selain itu pada saat pengambilan sampel pada kedua tipe penggunaan lahan tersebut dilakukan pada hari yang sama, sehingga cuaca seperti intensitas hujan yang terjadi juga sama. Selain ketinggian tempat, ukuran kotoran hewan, dan musim (Hanski dan Krikken 1991) turut menentukan keanekaragaman spesies kumbang kotoran.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian keanekaragaman kumbang kotoran pada berbagai tipe penggunaan lahan di *UB Forest*, diperoleh 1107 individu Coleoptera yang termasuk ke dalam 9 famili. Salah satu famili yang ditemukan yaitu Scarabaeidae yang menjadi fokus dari penelitian, terdapat sebanyak 721 individu yang termasuk ke dalam 10 spesies. Jumlah individu dan spesies kumbang kotoran paling banyak terdapat pada tipe penggunaan lahan pinus dengan kopi. Tipe penggunaan lahan tidak berpengaruh terhadap kekayaan spesies kumbang kotoran, namun berpengaruh terhadap kelimpahan individu kumbang kotoran. Terdapat keterkaitan antara tipe penggunaan lahan mahoni dengan kopi dan mahoni dengan talas terhadap kemiripan komposisi spesies kumbang kotoran yang ditemukan.

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian keanekaragaman kumbang kotoran seperti ini kembali pada wilayah dengan skala yang lebih luas agar dapat mendeteksi keberadaan spesies kumbang kotoran di alam. Selain itu metode pengambilan sampel diharapkan lebih beragam lagi, khususnya jenis kotoran yang digunakan sebagai perangkap untuk mengetahui preferensi kumbang kotoran terhadap kotoran. Sebelum penelitian dilakukan sebaiknya terlebih dahulu mengetahui letak kotoran mamalia dan jenis mamalia yang terdapat di lokasi penelitian. Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi bahan pertimbangan untuk pelestarian habitat alami dari kumbang kotoran, terutama di *UB Forest*.

DAFTAR PUSTAKA

- Andresen E. 2002. Dung Beetle In a Central Amazonia Rainforest and Their Ecological Roles as Secondary Seed Dispersers. *Ecological Entomology* 27: 257-270.
- Barbero E, Palestini C, Rolando A. 1999. Dung Beetle Conservation: Effects of Habitat and Resource Selection (Coleoptera: Scarabaeidae). *Journal of Insect Conservation* 3:75-84.
- Begon M, Townsend C.R, Harper J.L. 2006. *Ecology : From Individual to Ecosystem* 4th edition. Oxford (UK): Blackwell Publishing.
- Boonrotpong S, Sotthibandhu S, dan Pholpunthin C. 2004. Species Composition of Dung Beetles in The Primary and Secondary Forests at Ton Nga Chang Wildlife Sanctuary. *Science Asia* 30: 59-65.
- Borror D.J., Triplehorn C.A., dan Johnson, N.F. 1992. *Pengenalan Pelajaran Serangga*. Edisi Keenam. Diterjemahkan oleh: Partosoedjono, S. dan Brotowidjoyo, M.D. Gajah Mada University Press.
- Borror D.J., Triplehorn C.A., dan Johnson, N.F., 2005. *Study of Insects*. 7 th Edition. Thomson Brooks/Cole. Australia, Canada, Singapura, Spain, United Kingdom, United States.
- Cambefort Y. 1991. *From Saprophagy to Coprophagy*. Princeton (NJ): Princeton University Press.
- Carpio C, a NDonoso D, Ramón G, dan Dangles O. 2009. Short term response of dung beetle communities to disturbance by road construction in the Ecuadorian Amazon." *Annales de La Société Entomologie. France* 45 (4): 455–69.
- Carson W.P, Root R.B. 1999. Top-down Effects of Insects Herbivores During Early Succession: Influence on Biomass and Plant Dominance. *Oecologia* 121:260-272
- Castillo, J.V., dan Wagner, M.F., 2002. Ground Beetle (Coleoptera:Carabidae) Species Assemblage as an Indicator of Forest Condition in Northern Arizona Panderosa Pine Forests. *Eniromental Entomologi*, 31 (2) 242 – 252.
- Clarke K.R. 1993. Non-Parametric Multivariate Analysis of Changes in Community Structure. *Australian Journal of Ecology*. 18: 117-143.
- Dantje T. Sembel. 2010. *Pengendalian Hayati*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Davis A.J, Sutton S.L. 1998. The Effects Of Rainforest Canopy Loss on Arboreal Dung Beetles in Borneo: Implications For The Measurement Of Biodiversity In Derived Tropical Ecosystems. *Diversity and Distributions* 4 (4): 167–73.
- Davis A.J. 2000. Species richness of dung-feeding beetles (Coleoptera: Aphodiidae, Scarabaeidae, Hybosoridae) in tropical rainforest at Danum Valley, Sabah, Malaysia. *The Coleopterists Bulletin*. 54 (2): 221-231.
- Davis A.J, Holloway J.D, Huijbregts H, Krikken J, Kirk-Spriggs A.H, Sutton S.L. 2001. Dung Beetles as Indicators of Change in The Forests Of Northern Borneo. *J. of Applied Ecology* 38:593-616.

- Dormont L, Epinat G. dan Lumaret J.P. 2004. Trophic Preferences Mediated by Olfactory Cues in Dung Beetles Colonizing Cattle and Horse Dung. *Entomology* 2: 370-377.
- Doube, B.M. 1983. Habitat preference of some bovine dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) in Hluhluwe Game Reserva, South Africa. *Bulletin Entomological Research* 73 (3): 357-371.
- Doube B.M. 1991. Dung Beetle in Southern Africa. Di dalam : Hanski I, Cambefort Y, editor. *Dung Beetle Ecology*, 1991. Princeton (NJ): Princeton University Press.
- Effendy, Hety U, Herlinda S, Irsan C, Thalib R. 2013. Analisis Kemiripan Komunitas Artropoda Predator Hama Padi Penghuni Permukaan Tanah Sawah Rawa Lebak Dengan Lahan Pinggir di Sekitarnya. *Jurnal Entomologi Indonesia*. 10(2): 60-68.
- Ek-Amnuay, P. 2008. Beetles of Thailand 2nd edition. Thailand:Siam Insect-Zoo museum.
- Errouissi, F.S. Haloti, P.J Robert, A.J Idrissi, and J.P Lumaret. 2004. Effect of the Attractiveness for Dung Beetles of Dung pat Origin and Size Along Climatic gradient. *Environmental Entomology* 33(1): 45-53.
- Estrada A, A. Anzures, and R. Coates-Estrada. 1999. Tropical Rain Forest Fragmentation, Howler Monkeys (*Alouatta Palliata*), and *Dung Beetle* S At Los Tuxtlas, Mexico. *American Journal of Primatology* 48: 253-262.
- Ewusie, J.Y. 1990. Ekologi Tropika. Penerbit ITB. Bandung
- Giller, K. E., Beare, M. H., Lavelle, P., Izac, A. M. N and Swift, M. J., 1997. Agricultural Intensification, Soil Biodiversity and Agroecosystem Function. *Applied Soil Ecology* 6 (1): 3-16.
- Gittings, T., P.S.Giller, and G. Stakelum. 1994. Dung decomposition in contrasting temperate pastures in relation to dung beetle and earthworm activity. *Pedobiologia* 38: 455-474.
- Halffler, G. dan E.G. Matthews. 1996. The Natural History of Dung Beetles of the Subfamili Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae). *Entomology* 12-14: 1-312.
- Hanski, I. and Y. Cambefort (eds.). 1991 *Dung Beetle Ecology*. Princeton: Princeton University Press.
- Hanski, I. and J. Krikken. 1991. Dung Beetles in Tropical Forests in South-East Asia. In: Hanski, I. and Y. Cambefort (eds.). *Dung Beetle Ecology*. Princeton: Princeton University Press.
- Hariyanto N. 2007. Keanekaragaman jenis kumbang kotoran (Coleoptera: Scarabaeoidea) pada berbagai tipe habitat di sekitar kawasan Taman Nasional Kerinci Sebelat (TNKS). [Thesis Sarjana]. Universitas Negeri Jakarta.
- Hidayat, J dan Hansen, C.P, 2001. Informasi Singkat Benih. Direktorat Perbenihan Tanaman Hutan. Bandung.
- Kahono S, and L.K. Setiadi. 2007. Keanekaragaman dan distribusi vertikal kumbang kotoran Scarabaeidae (Coleoptera: Scarabaeidae) di Hutan

- Tropis Basah Pegunungan Taman Nasional Gede Pangrango, Jawa Barat, Indonesia. *Biodiversitas*. 8 (4) : 118-121.
- Lestari, T. 2009. Dampak Konversi Lahan Pertanian Bagi Taraf Hidup Petani. Skripsi. Bogor. Institut Pertanian Bogor.
- Magurran A.E. 1988. Measuring Biological Diversity. New Jersey (US): Blackwell Publishing.
- Mardoni. 2011. Jenis-jenis kumbang kotoran (Coleoptera; Scarabaeidae) di Gunung Singgalang, Skripsi: Jurusan Biologi FMIPA UNAND, Padang.
- Moy, Mariana Silviana. 2015. Respons Komunitas Kumbang Tija (Coleoptera: Scarabaeinae) pada Gradien Gangguan Antropogenik di Hutan Lambusango, Pulau Buton, Sulawesi. Tesis: Program Studi Konservasi Biodiversitas Tropika Institut Pertanian Bogor.
- Mawarsih. 2011. Kelimpahan dan Keanekaragaman Kumbang Kotoran (Coleoptera: Scarabaeidae) di Kawasan Taman Wisata Pulau Situ Gintung Tangerang Banten. Skripsi: Jurusan Biologi FST Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.
- McGeoch, M., Van Rensburg, B.J. dan A. Botes. 2002. The verification and application of bioindicators: a case study of dung beetles in a savanna ecosystem. *J. Appl. Ecol.* 39: 661-672.
- Moniaga, W.M. 1991. Inventarisasi Kumbang Koprofagus pada Kotoran Sapi Serta Biologi dan Perilaku Onthopagus Sp1. Tesis: Fakultas Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Mukhtar A.S. 1986. Dasar-dasar Ilmu Tingkah Laku Satwa (Ethologi). Direktorat Jenderal Perlindungan Hutan dan Pelestarian Alam. Departemen Kehutanan, Bogor.
- Noerdjito, W. A. 2003. Keanekaragaman kumbang (Coleoptera). *Dalam: Amir, M. dan S. Kahono. (Ed.). Serangga Taman Nasional Gunung Halimun Jawa Bagian Barat*. Bogor: JICA Biodiversity Conservation Project.
- Noerdjito, WA, 2009, Pengaruh Ketinggian dan Habitat Terhadap Keragaman Kumbang Koprofagus (Coleoptera: Scarabaeidae) di Jalur Pendakian Apuy dan Linggarjati, Taman Nasional Gunung Ciremai. *Jurnal Biologi Indonesia*, 5(3), 295-304.
- Omaliko, C.P.E. 1984. Dung Decomposition and its Effects on The Soil Component of A Tropical Grassland Ecosystem. *Tropical Ecology* 25: 214- 220.
- Pusrenbang SDM. 2017. Sekeping Informasi dari "UB Forest" Malang. <http://bp2sdm.menlhk.go.id/pusrenbang/index.php>. Diakses pada tanggal 6 Januari 2018.
- Rohman, F. 2008. *Struktur Komunitas Tumbuhan Liar dan Arthropoda sebagai Komponen Evaluasi Agroekosistem di Kebun The Wonosari Singosari Kabupaten Malang*. Disertasi. Tidak diterbitkan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Ruslan H. 2009. Komposisi dan Keanekaragaman di Pusat Pendidikan Pendidikan Konservasi Alam (PPKA) Bodogol Sukabumi, Jawa Barat. 43-53

- Schowalter T.D. 2011. Insect Ecology: An Ecosystem Approach. 3th edition. Oxford: Elsevier.
- Shahabuddin. 2003. Pemanfaatan Serangga Sebagai Bioindikator Kesehatan Hutan. Pengantar Falsafah Sains: Institut Pertanian Bogor.
- Shahabuddin, Schulze C.H, Tscharrntke T. 2005. Change of Dung Beetle Communities from Rainforest Towards Agroforestry Systems and Annual Cultures in Sulawesi (Indonesia). *Biodiversity and Conservation* 14: 863-877. DOI 10.1007/s10531-004-0654-7.
- Shahabuddin, Hidayat P, Manuwoto S, Noerdjito W.A, Tscharrntke T, Schulze CH. 2010. Diversity and body size of dung beetle attracted to different types along a tropical land-use gradient in Sulawesi Indonesia. *Journal of Tropical Ecology* 26: 53-65.
- Spector S. 2006. Scarabaeine dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae): an invertebrate focal taxon for biodiversity research and conservation. *The Coleopterists Bulletin*.
- Speight, M.R., Hunter, M.D., Watt, A.D. 1999. Ecology of Insect, Concepts and Applications. Blackwell Science, Ltd. 169 - 179.
- Sugiyono, 2007. Metode Penelitian Administrasi. Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono. 2010. Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, kualitatif, dan R&D. Bandung: Alfabeta.
- Thomas, M.L. 2001. Dung Beetle Benefits in the Pasture Ecosystem. NCAT Agriculture Intern. www.attra.org/attra-pub/PDF/dungbeetle.pdf. Diakses pada tanggal 18 Januari 2018.
- Vaz-de-Mello, F.Z., Edmonds, W.D., Ocampo, F.C., and P. Schoolmeesters. 2011. A Multilingual Key To The Genera And Subgenera Of The Subfamili Scarabaeinae Of The New World (Coleoptera: Scarabaeidae). *Zootaxa* 2854: 1-73.
- Vulinuc, K. 2000. *Dung Beetles* (Coleoptera: Scarabaeida), Monkeys, and Conservation in Amazonia. *Florida Entomologist* 83 (3): 229-241.
- Waterhouse, D.F. 1974. The biologi control of dung. *Sci.Am.* 37 : 83-93.
- Webb N.R, Clarke R.T, Nicholas J.T. 1999. Invertebrate Diversity on Fragmented Calluna-Heathland: Effects of Surrounding Vegetation. *Journal of Biogeography* 11:41-46.